



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 32 080.2  
**Anmeldetag:** 15. Juli 2002  
**Anmelder/Inhaber:** Integrated Dynamics Engineering GmbH,  
Raunheim/DE  
**Bezeichnung:** Elektrostatischer Greifer und Verfahren zu dessen  
Herstellung  
**IPC:** H 01 L 21/68

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. November 2002  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag



Wallner

## ELEKTROSTATISCHER GREIFER UND VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG

## BESCHREIBUNG

- 5 Die Erfindung betrifft einen auf elektrostatischem Prinzip arbeitenden Greifer, insbesondere zur Anwendung in der Halbleiterindustrie, sowie ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Greifers.
- 10 Zum Greifen von Wafern werden zum einen mechanische Greifer eingesetzt. Diese Technik ist vor allem bei kleinen Bauteilen sehr aufwendig und kann zu Beschädigungen und Verunreinigungen des Wafers führen.
- 15 Als Alternative werden Vakuumgreifer eingesetzt, die durch Unterdruck den Wafer ansaugen und so transportieren können. Durch die in der Halbleiterindustrie fortschreitende Verkleinerung der Strukturen wird aber immer mehr in einer Vakuumumgebung produziert. Hier sind Vakuumgreifer naturgemäß
- 20 nicht einsetzbar.

Andere Greifer arbeiten auf dem Prinzip der elektrostatischen Anziehung.

- 25 Dabei kann eine Spannung an den Wafer und eine entgegengesetzte Spannung an den Greifer gelegt werden. Aufgrund der elektrostatischen Anziehungskraft kann der Wafer dann angehoben und bewegt werden. Nachteilig an diesem Prinzip ist, dass der Wafer zur Anlegung der Spannung elektrisch

leitend sein muss. Zum Greifen von nicht leitenden  
(dielektrischen) Wafern gibt es daher elektrostatische  
Greifer, die, wie der erfindungsgemäße Greifer, nebeneinander  
angeordnete Elektroden aufweisen. Auch dieses Prinzip ist  
5 schon seit längerem Stand der Technik. So wird z.B. in US  
4,184,188 (Briglia) und in US 4,399,016 (Tsukuda) ein auf  
diesem Prinzip arbeitender Greifer beschrieben.

Um den Wafer zu heben, wird eine entgegengesetzte Spannung an  
10 jeweils nebeneinander liegende, entgegengesetzt gepolte  
Elektroden gelegt. Die Elektroden haben jetzt eine andere  
Ladung als das zu hebende Bauteil, was zu einer Kraft durch  
die elektrostatische Anziehung führt. Infolge dieser Kraft  
bleibt der Wafer am Greifer hängen und kann sodann bewegt  
15 werden. Um das Bauteil wieder abzusetzen, werden die  
Elektroden geerdet.

Ein Nachteil der bekannten Greifer dieses Prinzips ist, dass  
im Wafer durch die Spannungsdifferenzen ein Strom fließt, der  
20 von der Leitfähigkeit des Wafers und der Höhe der Spannung  
abhängt. Dieser Strom führt zu einer Erwärmung des Wafers,  
die von dessen Geometrie und Leitfähigkeit, sowie der  
angelegten Spannung abhängt. Infolge dieser Erwärmung kann es  
zu Verziehungen und Beschädigungen des Wafers kommen. Dieses  
25 Problem besteht infolge der fehlenden Konvektion besonders im  
Vakuum.

Weiteres Problem beim Einsatz eines elektrostatischen  
Greifers im Vakuum sind Änderungen in der Überschlagsspannung,  
30 die zwar sowohl im Hochvakuum, als auch bei Atmosphärendruck  
über 2000V/mm liegt, bedingt durch die längere mittlere freie  
Weglänge aber dazwischen bis auf 6V/mm absinkt.

Weiterer Nachteil hoher Spannungen ist, dass durch das damit  
35 verbundene hohe Potential die Wafer von angezogenen

Staubpartikeln etc. schnell verunreinigt werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen elektrostatischen Greifer zu entwickeln, der die Erwärmung des Wafers auf ein Mindestmaß reduziert und mit möglichst niedriger Spannung betrieben werden kann.

Gelöst wird diese Aufgabe mit einer Greifvorrichtung gemäß den Merkmalen nach Anspruch 1.

Dabei geht die Erfindung von einer Greifvorrichtung zum Aufnehmen, Halten und/oder Transportieren von Wafern aus, die ein auf einer Schaltplatte angeordnetes Greifelement umfasst, welches ein mit einer Spannung beaufschlagbares bipolares Elektrodenpaar beinhaltet, wobei auf der Schaltplatte mindestens zwei Greifelemente angeordnet sind, bei denen die Elektrodenpaare mit einer Isolierschicht versehen sind, die überwiegend oder im wesentlichen aus Zirkoniumoxid besteht, wobei dem Zirkonium ggf. zur Eigenschaftsverbesserung gewisse Zusatzstoffe beigefügt werden.

Vorteilhafte und bevorzugte Weiterbildungen sind den jeweils zugeordneten Unteransprüchen zu entnehmen.

Ferner definiert Anspruch 12 ein Herstellungsverfahren für einen erfindungsgemäßen Greifer, bzw. eine Greifvorrichtung.

Bei herkömmlichen Greifern wird als Isolierschicht meistens Aluminium(III)oxid verwendet. Nachteilig ist die niedrige relative Dielektizitätskonstante. Mit Zusätzen kann diese verbessert werden (beispielsweise Al 418 der Firma Toto). Nachteilig ist dann aber, dass das Material eine Dicke von etwa 1 mm hat, wodurch zum Erreichen einer gewünschten Dicke von etwa 100 µm aufwendige Schleifarbeiten nötig sind. Das beim erfindungsgemäßen Greifer verwendete Zirkoniumoxid, das z.B. zur Produktion von Brennstoffzellen verwendet wird, ist in Schichtdicken von 50-300 µm verfügbar und muss daher

nicht oder nur wenig geschliffen werden. Denkbar sind auch Schichtdicken unter 50  $\mu\text{m}$ , die man durch Schleifen oder durch Aufbringen der Zirkoniumoxidschicht in einem CVD- oder sputtering-Verfahren erreicht. Auf letztere Weise sind  
5 Schichtdicken im Bereich weniger Atomdurchmesser möglich. Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus der höheren Härte des Zirkoniumoxids gegenüber Aluminiumoxid. Sowohl bei der Herstellung, als auch im Betrieb wird die Schicht weniger schnell beschädigt. Die Schicht bleibt zudem glatt, wodurch  
10 Beschädigungen des Wafers auch nach längerem Einsatz vermieden werden. Weiterer Vorteil ist der sehr hohe spezifische elektrische Widerstand von ca.  $10^{14} \Omega\text{m}$ , weswegen die Schichtdicke sehr klein gehalten werden kann.

15 Infolge der kleinen Schichtdicken und der relativ hohen Dielektrizitätskonstante kann der erfindungsgemäße Greifer mit einer Gleichspannung von nur 200 bis 900 V betrieben werden, was zu stark reduzierten Strömen im Wafer führt. Bekannte elektrostatische Greifer werden dagegen mit  
20 Spannungen zwischen 1 und 6 kV betrieben.

Der erfindungsgemäße Greifer weist ferner zwei oder mehr Elektrodenpaare auf, die auf einer Schaltplatte aufgebracht sind. So können die Elektrodenpaare an erwärmungs-  
25 unempfindlichen Stellen des Wafers angesetzt werden. Die Schaltplatte dient als Halterung der Elektrodenpaare und zugleich ist dort die Spannungsversorgung enthalten.

Die überwiegend aus Zirkoniumoxid bestehende Schicht des  
30 erfindungsgemäßen Greifers kann auch verschiedenste Zusatzstoffe enthalten. So können die mechanischen und elektrischen Eigenschaften geändert werden.

Besonders vorteilhaft hat sich bei einer zweckmäßigen

Ausführungsform der Erfindung mit Yttriumoxid stabilisiertes Zirkoniumoxid als Isolationschicht erwiesen. Aber auch eine Isolierschicht aus reinem Zirkoniumoxid ist denkbar.

5 Eine Weiterbildung der Erfindung hat eine Halterung aus einer flexiblen Schaltplatte. So kann sich der Greifer der Form des Wafers anpassen.

10 Diese Schaltplatte kann zweckmäßigerweise eine gedruckte Schaltplatte sein, die in einem Arbeitsgang kostengünstig herstellbar ist.

15 Die Weiterbildung der Erfindung hat Elektrodenpaare, die eine runde, rechteckige oder fingerartige Form haben, und so nur wenig Fläche einnehmen.

20 Diese Elektrodenpaare können so aufgebaut werden, dass der eine Pol vom anderen Pol, z.B. kreisförmig, umschlossen wird. Gegenüber herkömmlichen Bauformen, etwa als nebeneinander angeordnete Leiterbahnen wie in US 4,184,188, ist diese Geometrie sehr kompakt.

25 Zweckmäßigerweise ist der Greifer mit Gleichspannungen unter 900V betreibbar. Durch Reduzierung der Schichtdicken des Zirkoniumoxides und Optimierung der Geometrie sind sogar Spannungen bis unter 300 V denkbar. So ist die Aufheizung des Wafers minimal. Des weiteren werden so Verunreinigungen des Wafers durch angezogene Staubpartikel reduziert und die elektrische Schaltung zum Betrieb des Greifers wird  
30 wesentlich einfacher. Auch die Betriebskosten reduzieren sich durch geringeren Stromverbrauch.

Bei der Weiterbildung der Erfindung kann bei Lösen des Bauteils kurzzeitig eine Wechselspannung angelegt werden. So  
35 wird vermieden, dass sich der Wafer wegen eventuell

vorhandener elektrostatischer Aufladung nicht löst.

Eine zweckmäßige Ausführungsform hat die Elektrodenpaare im Abstand voneinander so angeordnet, dass der Wafer am Rand  
5 gegriffen werden kann. So werden die Vorteile der kompakten Bauform der Elektrodenpaare optimal ausgenutzt. Durch das randseitige Greifen können Erwärmungen in empfindlichen Bereichen des Wafers noch weiter reduziert werden.

Zum Heben hat der Greifer nach einer weiteren Ausführungsform  
10 drei auf einer Kreisbahn angeordnete Elektrodenpaare, die idealerweise im 120°-Winkel um den Wafer angeordnet sind. So wird die Gewichtskraft des Wafers an die drei Elektrodenpaare gleich verteilt.

15 Ferner betrifft die Erfindung gemäß Anspruch 12 ein Verfahren zur Herstellung eines elektrostatischen Greifers, insbesondere des erfindungsgemäßen Greifers.

Dabei werden Elektrodenpaare auf eine flexible Schaltplatte  
20 gebracht. Dann wird eine Vermittlungsschicht auf die Elektroden gebracht. Dazu eignet sich z.B. Indium, das in einem galvanischen Prozess in einer Schichtdicke von ca. 10 µm auch schon vorher auf die Elektroden aufgebracht werden kann. Auch eine Schicht Zink kann die Bindung der  
25 verschiedenen Materialien verbessern. Die Zirkoniumoxidschicht wird sodann auf die Indiumschicht gebracht. Auf der anderen Seite der Elektrode wird eine Isolierschicht aufgebracht. Dann werden die Schichten zusammengepresst, wodurch sie sich in einem Kaltverschweißungsvorgang  
30 miteinander verbinden. Diesem Vorgang kommt eine rauhe Oberfläche einer Zirkoniumoxidscheibe zugute.

Je nach verwendetem Material für die Isolierschicht kann es, wie in einer Weiterbildung des Verfahrens vorgesehen,  
35 zweckmäßig sein, die Isolierschicht aufzukleben, oder eine

schon mit Klebemittel beschichtete Isolierschicht zu verwenden.

Als Material für eine solche Isolierschicht eignet sich, wie  
5 in einer Ausführungsform des Verfahrens vorgesehen,  
insbesondere Aluminium(III)oxid. Dieses ist kostengünstig und  
wird standardmäßig als Isoliermaterial in der  
Halbleiterindustrie verwendet.

Bei einer Ausführungsform des Verfahrens werden die  
10 Elektrodenpaare zuerst auf eine weitere flexible Schaltplatte  
aufgebracht, z.B. im Ätzverfahren. Die Elektrodenpaare werden  
dann mit der weiteren Schaltplatte auf die Schaltplatte  
gebracht. So kann die Herstellung des Greifers zwar nicht in  
einem Arbeitsgang erfolgen, das Verfahren bietet sich aber  
15 dann an, wenn wegen der Geometrie der Elektroden (z.B. sehr  
klein, Abstand der Elektroden sehr gering) eine Herstellung  
in einem Schritt technisch nicht machbar oder mit höherem  
Aufwand verbunden ist.

20 Im folgenden wird die Erfindung an einem Ausführungsbeispiel  
anhand der Zeichnungen Fig. 1 bis Fig.5 erläutert.

Fig. 1 zeigt ein Elektrodenpaar in der Draufsicht;  
Fig. 2 zeigt ein Elektrodenpaar von der Rückseite;  
25 Fig. 3 zeigt die einzelnen Bauteile des elektrostatischen  
Halters in einer Explosionsansicht;  
Fig. 4 zeigt den fertigen Halter nach dem Pressvorgang;  
Fig. 5 zeigt eine Schnittansicht eines Greifelementes des  
Halters.

30

Die bipolaren Elektroden 1, die in Fig. 1 in der Draufsicht  
zu sehen sind, bestehen aus einem äußeren Ring 2 als eine  
Elektrode, der die andere Elektrode 2b umschließt. Die innere  
Elektrode 2b hat ihre Spannungsversorgung 3 auf der Oberseite  
35 der flexiblen, gedruckten Schaltplatte 10 (Fig. 3).



Betrachtet man die Elektrode von oben (Fig. 2), ist die Spannungsversorgung 3 für die innere Elektrode zu erkennen. Zum Aufnehmen des Wafers 5 wird an die innere und die äußere Elektrode eine Gleichspannung angelegt. Das dabei entstehende elektrostatische Feld führt zur Anziehung des Wafers 5.

Der elektrostatische Halter 4, der in Fig 3 in einer Explosionsdarstellung zu sehen ist, besteht aus der flexiblen, gedruckten Schaltplatte 10, auf der die Leiterbahnen 11 für die Elektroden 1a-1c aufgedruckt sind. Hier sind die einzelnen Schichten, aus denen der Greifer besteht, wie vor dem Zusammenbringen dargestellt. Die einzelnen Schichten sind (außer den Elektrodenpaaren) nur beim oberen Greifelement mit Bezugszeichen versehen.

Vom Wafer 5 beginnend, sieht man davor eine Isolierschicht aus Zirkoniumoxid 6, die Schaltplatte 10, die Elektroden 1a-1c und einer weitere Isolierschicht 8 auf der Rückseite und ferner die Basisplatte 9.

Für die Leiterbahnen und die Elektroden nebst Isoliersicht sind in der Schaltplatte 10 Aussparungen 7, 12 vorgesehen. Die Elektroden 1a-1c enthalten die in Fig. 1 und 2 zu sehenden bipolaren Elektrodenpaare 2a,2b. Die Leiterbahnen 11 bestehen aus je zwei Leitungen zur Spannungsversorgung der Elektroden 1a-1c.

Die zuvor beschriebene Schichtstruktur aus einer Isolierschicht Zirkoniumoxid 6, den bipolaren Elektrodenpaaren 1a-1c, einer Isolierschicht auf der Rückseite 8 und einer Basisplatte 9 zur besseren Stabilität bildet ein erfindungsgemäßes elektrostatisches Greifelement 13a-13c.

Die Isolierschicht ist in diesem Ausführungsbeispiel mit einer Klebefolie (nicht dargestellt) versehen, wodurch sich die Bindung verbessert und Lufteinschlüsse weitgehend verhindert werden. Das Ausführungsbeispiel hat drei

Elektrodenpaare bzw. Greifelemente, die im Winkel von  $120^\circ$  auf einer Kreisbahn angeordnet sind. So kann der Wafer ggf. an den Rändern gefasst werden.

5 Nach dem Pressvorgang, bei dem der gesamte elektrostatische Greifer mit allen Greifelementen in einem Arbeitsvorgang zusammengefügt werden kann, sind die Schichten miteinander verbunden Fig 4. Die Greifelemente 13a-13c bestehen aus dem oben dargestellten Schichtverband. Ziel des Pressvorgangs ist, eine Kaltverschweissung herzustellen. Dabei kann z.B. Indium als Vermittlungsschicht (nicht dargestellt) zwischen der Zirkoniumoxidschicht 6 und den Elektroden 1a-1c verwendet werden, um eine optimale Verbindung zwischen Oxidschicht und Elektroden herzustellen. Die Stromversorgung erfolgt durch die nun in der Schaltplatte enthaltenen Leiterbahnen 11, deren Verlauf durch die vorher vorgesehenen Aussparungen 12 bestimmt wurde.

Fig. 5 zeigt eine Schnittansicht eines Greifelementes einschließlich eines gefassten Wafers. Oben ist der Wafer 5 zu sehen, darunter befindet sich die Isolierschicht aus Zirkoniumoxid 6, und dann kommt das bipolare Elektrodenpaar, bestehend aus innerer 2b und äußerer 2a Elektrode, die durch einen Ring aus isolierendem Material 20 getrennt sind. Danach kommt die Spannungsversorgung der äußeren Elektrode 15, die über eine leitende Schicht 19 erfolgt. Darunter befindet sich die flexible Schaltplatte 10 aus Kapton. Die Spannungsversorgung der inneren Elektrode erfolgt durch die leitende Schicht 18 darunter und eine Verbindung durch die Schaltplatte 16, eine darunter liegende leitende Schicht 21 dient als Weiterführung zu anderen Elektroden bzw. Greifelementen auf dem Greifer. Darunter befindet sich eine Isolierschicht aus Aluminium(III)oxid 8 und ganz unten eine stabile Basisplatte 9. Des weiteren ist bei diesem Ausführungsbeispiel noch ein Kanal 13 zur Einbringung von

isolierendem Material vorgesehen. Solche Kanäle dienen der Einbringung von Isoliermaterial in die Kanäle zwischen den Elektroden. Bei der Spannungszuführung 17 ist die untere Schicht 18 für die innere, die obere Schicht 19 für die  
5 äußere Elektrode vorgesehen.

Die Schichtdicken und -materialien sind bei diesem Ausführungsbeispiel zwischen der Zirkoniumoxidschicht und der Isolierschicht wie folgt:

10

- Zwischen 80 und 250  $\mu\text{m}$  Zirkoniumoxid 6.
- Ca. 10  $\mu\text{m}$  Indium und 5  $\mu\text{m}$  Nickel als Vermittlungsschicht zwischen Zirkoniumoxidschicht und Kupferelektrode.
- Ca. 17,5  $\mu\text{m}$  Elektroden- und Versorgungsschichten aus Kupfer  
15 14,15,21.
- Ca. 25  $\mu\text{m}$  Schaltplatte aus Kapton oder Polyamid 10.
- Ca. 2,6 mm Isolierschicht aus Aluminiumoxid 8.
- Ca. 0,5 mm Basisplatte aus T 136 NiP 9.

20 Die innere Elektrode hat einen Durchmesser von 18 mm, die äußere einen Außendurchmesser von 37 mm. Nickel und Indiumschicht sind schon vorher auf den Kupferelektroden galvanisch aufgebracht.

25 Durch Anlegen einer Spannung wird der Wafer 5 durch elektrostatische Anziehung angezogen. Mit einer Spannung von 300 V betrieben, erreicht der elektrostatische Halter gemäß dem Ausführungsbeispiel eine Kraft von 6 N, die ausreichend ist, um einen Wafer anzuheben.

30

Der Greifer kann z.B. an einen Roboterarm montiert werden und zum Transport, Positionieren und zur Herbeiführung jeder denkbaren Lageänderung des Wafers eingesetzt werden.

## ANSPRÜCHE

1. Greifvorrichtung (4) zum Aufnehmen, Halten und/oder Transportieren von Wafern (5), umfassend

- 5       - ein auf einer Schaltplatte (10) angeordnetes Greifelement (13a-13c), wobei das Greifelement
- ein mit einer Spannung beaufschlagbares bipolares Elektrodenpaar beinhaltet, und wobei
- auf der Schaltplatte mindestens zwei Greifelemente
- 10       (1a-1c) angeordnet sind, bei denen die Elektrodenpaare (1) mit einer Isolierschicht (6) versehen sind, die überwiegend aus Zirkoniumoxid besteht.

2. Greifvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch

15 gekennzeichnet, dass das Zirkoniumoxid mit Yttriumoxid stabilisiert ist.

3. Greifvorrichtung nach einem der vorgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Halterung aus

20 einer flexiblen Schaltplatte (10) besteht.

4. Greifvorrichtung nach einem der vorgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Halterung aus einer flexiblen, gedruckten Schaltplatte (10) besteht.

25

5. Greifvorrichtung nach einem der vorgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrodenpaare (Fig. 1, 2) eine runde und/oder rechteckige und/oder fingerartige Form aufweisen.

30

6. Greifvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils der eine Pol (2) den anderen Pol umschließt

7. Greifvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Greifer mit einer Gleichspannung von unter 900 V und/oder 600V und/oder 300 V betreibbar ist.

5

8. Greifvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei Ablegen des Bauteiles durch Erdung kurz vorher eine Wechselspannung anlegbar ist.

10

9. Greifvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrodenpaare (1a-1c) in einem solchen Abstand angebracht sind, dass der Wafer (5) an seinen Rändern anhebbar ist.

15

10. Greifer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens 3 Elektrodenpaare (1a-1c) auf einer Kreisbahn angeordnet sind.

20

11. Greifvorrichtung nach 10, dadurch gekennzeichnet, dass drei Elektrodenpaare (1a-1c) etwa im 120°-Winkel um den Wafer angeordnet sind.

25

12. Verfahren zum Herstellen eines elektrostatischen Greifers, bestehend aus einer oder mehreren bipolaren Elektroden, gekennzeichnet durch die Schritte

Aufbringen der Elektrodenpaare auf eine flexible, Schaltplatte (10).

30

Aufbringen einer Vermittlungsschicht auf die Elektroden (1, 1a-1c);

Aufbringen einer Zirkoniumoxidschicht (6) auf die Vermittlungsschicht;

Aufbringen einer Isolierschicht (8) auf der anderen Seite der Elektrode; und

Pressen des Schichtverbandes.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet,  
dass als Vermittlungsschicht Indium und/oder Nickel  
5 aufgebracht wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch  
gekennzeichnet, dass die Isolierschicht vor dem Pressen  
aufgeklebt wird.

10

15. Verfahren nach Anspruch 12, 13 oder 14, dadurch  
gekennzeichnet, dass eine mit Klebemittel beschichtete  
Isolierschicht (8) verwendet wird.

16. Verfahren nach Anspruch 12, 13, 14 oder 15, dadurch  
gekennzeichnet, dass als Isolierschicht (8)  
Aluminium(III)oxid verwendet wird.

17. Verfahren nach Anspruch 12, 13, 14, 15 oder 16,  
20 dadurch gekennzeichnet, dass zunächst die Elektroden auf eine  
weitere flexible Schaltplatte aufgebracht werden, und danach  
auf die flexible Schaltplatte aufgebracht werden.

## ZUSAMMENFASSUNG

Der elektrostatische Greifer 4 zum Bewegen von Wafern 5 besteht aus bipolaren Elektroden 1a-1c mit einer Isolierschicht aus Zirkoniumoxid 6, die auf einer Schaltplatte sitzen. Der Greifer wird durch ein Pressverfahren hergestellt und kann mit Gleichspannung unter 900 V betrieben werden. So wird auch im Vakuum eine Aufheizung des Wafers fast vollständig verhindert.

10

Fig. 3

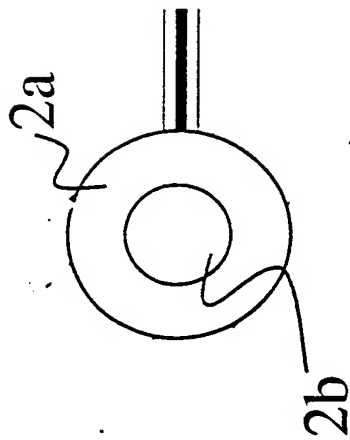


Fig. 1

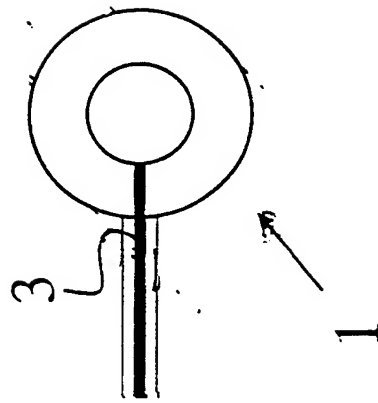


Fig. 2



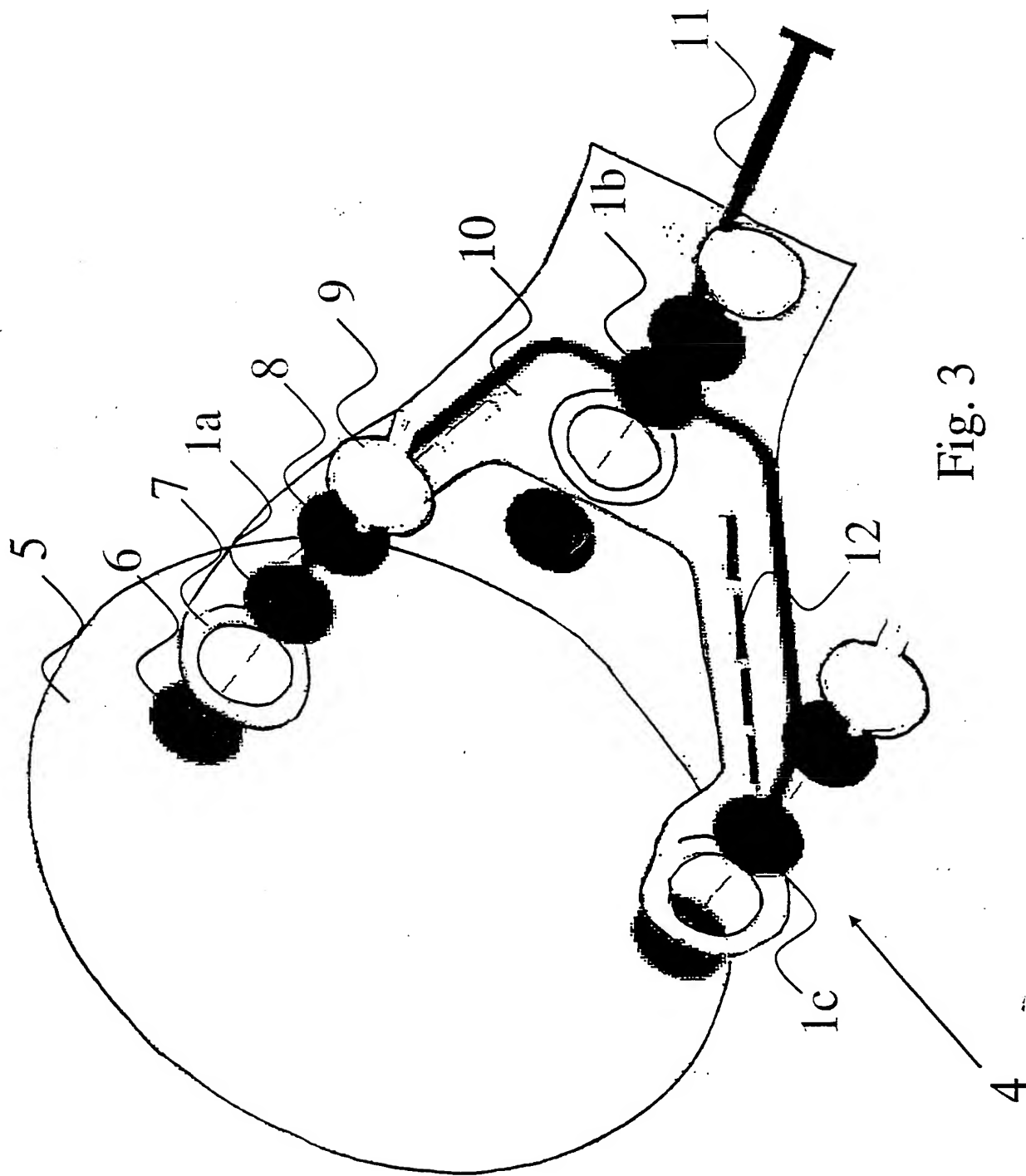


Fig. 3

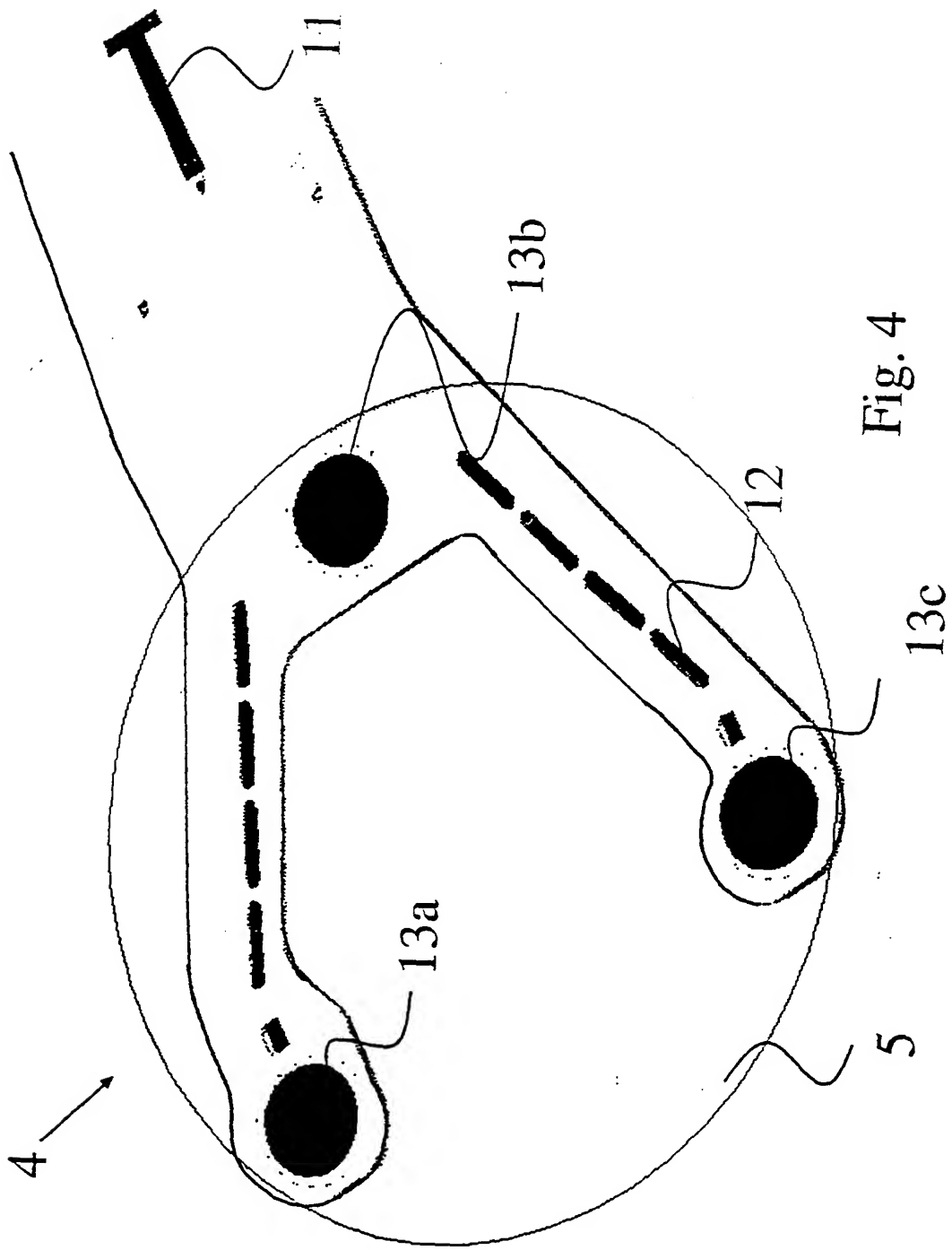


Fig. 4

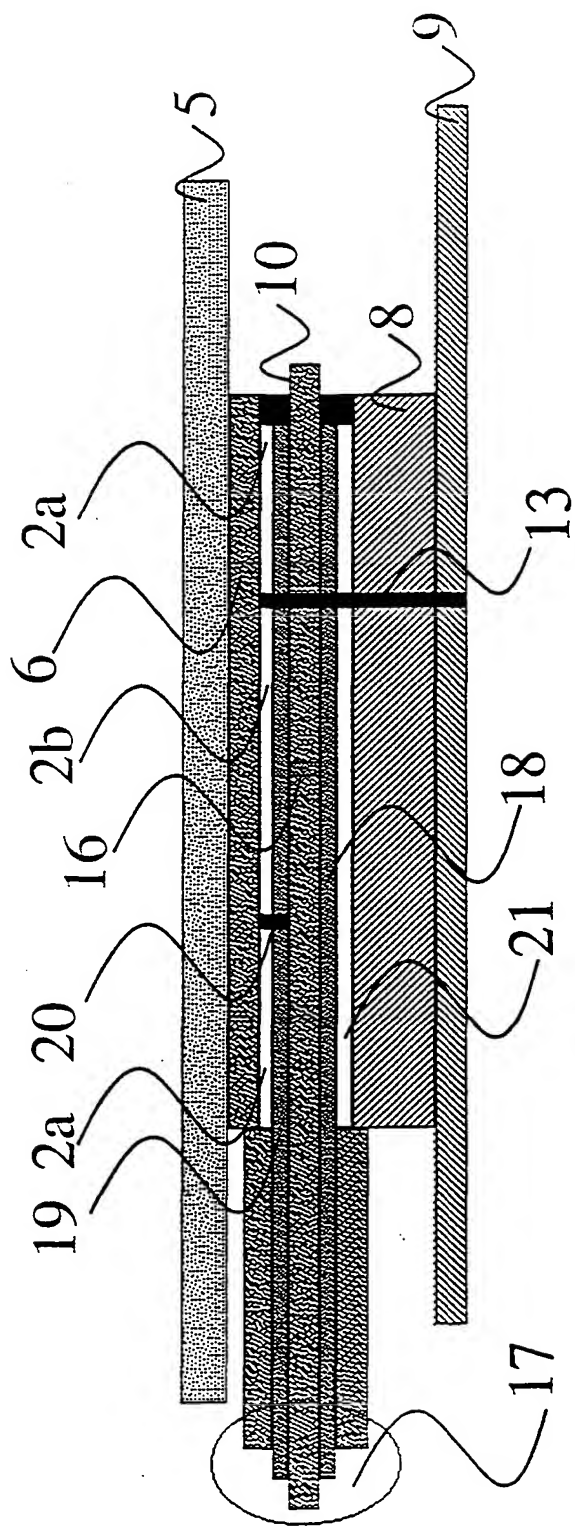


Fig. 5